

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 770 790

(21) N° d'enregistrement national :

97 14083

(51) Int Cl<sup>6</sup> : B 01 J 23/34, B 01 J 21/06, 35/10, C 01 G 25/02,  
C 01 F 17/00, B 01 D 53/92, 53/56 // (B 01 J 23/34, 103:10,  
103:18, 103:26) (B 01 J 21/06, 103:26)

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 10.11.97.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : RHODIA CHIMIE — FR.

(43) Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 14.05.99 Bulletin 99/19.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : Se reporter à la fin du  
présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(72) Inventeur(s) : HEDOUIN CATHERINE et SEGUE-  
LONG THIERRY.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : RHODIA SERVICES.

(54) COMPOSITION A SUPPORT A BASE D'UN OXYDE DE CERIUM, D'UN OXYDE DE ZIRCONIUM ET D'UN  
OXYDE DE SCANDIUM OU DE TERRE RARE ET UTILISATION POUR LE TRAITEMENT DES GAZ  
D'ÉCHAPPEMENT.

(57) La présente invention concerne une composition caractérisée en ce qu'elle comprend un support à base d'un oxyde de cérium, d'un oxyde de zirconium et d'un oxyde de scandium ou de terre rare autre que le cérium et une phase active à base de manganèse et d'au moins un autre élément choisi parmi les alcalins, les alcalino-terreux et les terres rares.

Cette composition peut fonctionner comme piège à NOx et elle peut donc être utilisée dans un procédé de traitement de gaz en vue de la réduction des émissions des oxydes d'azote, notamment de gaz d'échappement présentant un excès d'oxygène.

FR 2 770 790 - A1



COMPOSITION A SUPPORT A BASE D'UN OXYDE DE CERIUM, D'UN OXYDE DE ZIRCONIUM ET D'UN OXYDE DE SCANDIUM OU DE TERRE RARE ET UTILISATION POUR LE TRAITEMENT DES GAZ D'ECHAPPEMENT

5

RHONE-POULENC CHIMIE

La présente invention concerne une composition à support à base d'un oxyde de cérium, d'un oxyde de zirconium et d'un oxyde de scandium ou de terre rare et son utilisation pour le traitement des gaz d'échappement.

10 On sait que la réduction des émissions des oxydes d'azote (NOx) des gaz d'échappement des moteurs d'automobiles notamment, est effectuée à l'aide de catalyseurs "trois voies" qui utilisent stoechiométriquement les gaz réducteurs présents dans le mélange. Tout excès d'oxygène se traduit par une détérioration brutale des performances du catalyseur.

15 Or, certains moteurs comme les moteurs diesel ou les moteurs essence fonctionnant en mélange pauvre (lean burn) sont économes en carburant mais émettent des gaz d'échappement qui contiennent en permanence un large excès d'oxygène d'au moins 5% par exemple. Un catalyseur trois voies standard est donc sans effet sur les émissions en NOx dans ce cas. Par ailleurs, la limitation des émissions en NOx est 20 rendue impérative par le durcissement des normes en post combustion automobile qui s'étendent maintenant à ces moteurs.

Il existe donc un besoin réel d'un catalyseur efficace pour la réduction des émissions des NOx pour ce type de moteurs et, plus généralement, pour le traitement de gaz contenant des NOx.

25 Comme type de catalyseurs susceptibles de répondre à ce besoin, on a proposé des systèmes appelés pièges à NOx, qui sont capable d'oxyder NO en NO<sub>2</sub> puis d'adsorber le NO<sub>2</sub> ainsi formé. Dans certaines conditions, le NO<sub>2</sub> est relargué puis réduit en N<sub>2</sub> par des espèces réductrices contenues dans les gaz d'échappement. Ces pièges à NOx sont généralement à base de platine. Or, le platine est un élément cher. Il 30 serait donc intéressant de pouvoir disposer d'un système sans platine pour réduire les coûts des catalyseurs.

L'objet de l'invention est donc la mise au point d'une composition qui peut être utilisée comme piège à NOx sans utiliser nécessairement du platine.

Dans ce but, la composition de l'invention est caractérisée en ce qu'elle comprend 35 un support à base d'un oxyde de cérium, d'un oxyde de zirconium et d'un oxyde de scandium ou de terre rare autre que le cérium et une phase active à base de manganèse et d'au moins un autre élément choisi parmi les alcalins, les alcalino-terreux et les terres rares.

L'invention concerne aussi un procédé de traitement de gaz en vue de la réduction des émissions des oxydes d'azote qui est caractérisé en ce qu'on utilise une composition telle que définie ci-dessus.

D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention apparaîtront encore 5 plus complètement à la lecture de la description qui va suivre, ainsi que des divers exemples concrets mais non limitatifs destinés à l'illustrer.

La composition de l'invention comprend une phase active sur un support.

La phase active peut plus particulièrement se présenter selon deux variantes.

Selon une première variante, cette phase est à base, outre le manganèse, d'un 10 alcalin et/ou d'un alcalino-terreux. L'alcalin peut être plus particulièrement le sodium ou le potassium. L'alcalino-terreux peut être plus particulièrement le baryum ou le strontium.

Selon une seconde variante, la phase active est à base de manganèse et d'au moins un élément choisi parmi les terres rares.

15 Par terre rare on entend, ici et pour l'ensemble de la description, les éléments du groupe constitué par l'yttrium et les éléments de la classification périodique de numéro atomique compris inclusivement entre 57 et 71.

La terre rare peut être plus particulièrement choisie parmi le lanthane, le cérium, le praséodyme, le néodyme, l'europium, le samarium, le gadolinium ou le terbium. Comme 20 mode de réalisation avantageux dans le cadre de cette seconde variante, on peut mentionner une phase active à base de manganèse et de praséodyme.

Enfin, il est tout à fait possible, dans le cadre de la présente invention, d'avoir une phase active à base de manganèse et d'au moins deux autres éléments, l'un étant une terre rare, l'autre étant choisi parmi les alcalins et les alcalino-terreux.

25 Selon un mode de réalisation particulier, la composition de l'invention est susceptible d'être obtenue par un procédé dans lequel au moins un des deux éléments manganèse et potassium est apporté au moins en partie par le permanganate de potassium. Il faut noter qu'un seul élément peut être apporté par le permanganate et seulement en partie. A l'opposé, et d'une manière préférée, il est aussi possible 30 d'apporter les deux éléments totalement par la voie permanganate. Entre ces deux possibilités, toutes les autres variantes sont envisageables. Ce mode de réalisation permet d'obtenir des compositions présentant des capacités élevées d'adsorption des NOx.

Une autre caractéristique importante de la composition de l'invention est la nature 35 du support de la phase active.

Comme indiqué plus haut, le support est à base d'un oxyde de cérium, d'un oxyde de zirconium et d'un oxyde de scandium ou de terre rare autre que le cérium. On souligne ici et pour l'ensemble de la description que l'invention s'applique aussi à tout

support à base d'oxyde de cérium, d'oxyde de zirconium et, à titre de troisième élément, d'une combinaison de deux ou plusieurs oxydes choisis parmi l'oxyde de scandium et les oxydes de terres rares.

On utilise de préférence comme supports ceux pour lesquels la proportion atomique cérium/zirconium est d'au moins 1.

Comme terre rare rentrant dans la composition du support, on peut mentionner plus particulièrement le lanthane, le néodyme et le praséodyme.

On peut aussi utiliser plus particulièrement les supports répondant à la formule globale  $Ce_xZr_yM_zO_2$  où M représente au moins un élément choisi dans le groupe comprenant le scandium et les terres rares autres que le cérium et où x, y et z vérifient les relations  $0 < z \leq 0,3$ ,  $1 \leq x/y \leq 19$  et  $x+y+z=1$ .

Plus particulièrement, x, y et z peuvent vérifier les relations suivantes  $0,02 \leq z \leq 0,2$ ,  $1 \leq x/y \leq 9$ , ce dernier rapport pouvant être encore plus particulièrement compris entre 1,5 et 4, ces bornes étant incluses.

15 Selon un mode de réalisation particulier, le support se présente sous forme d'une solution solide. Dans ce cas, les spectres en diffraction X du support révèlent au sein de ce dernier l'existence d'une seule phase homogène. Pour les supports les plus riches en cérium, cette phase correspond en fait à celle d'un oxyde cérique  $CeO_2$  cristallisé et dont les paramètres de mailles sont plus ou moins décalés par rapport à un oxyde cérique pur, traduisant ainsi l'incorporation du zirconium et de l'autre élément (scandium et terres rares autres que le cérium) dans le réseau cristallin de l'oxyde de cérium, et donc l'obtention d'une solution solide vraie.

20 Selon une variante préférée de l'invention, on utilise des supports qui sont caractérisés par leur surface spécifique à certaines températures ainsi que par leur 25 capacité de stockage de l'oxygène.

On entend par surface spécifique, la surface spécifique B.E.T. déterminée par adsorption d'azote conformément à la norme ASTM D 3663-78 établie à partir de la méthode BRUNAUER - EMMETT- TELLER décrite dans le périodique "The Journal of the American Society, 60, 309 (1938)".

30 Ainsi, on peut utiliser des supports présentant une surface spécifique après calcination 6 heures à  $900^{\circ}C$  d'au moins  $35m^2/g$ . Cette surface peut être plus particulièrement d'au moins  $40m^2/g$ . Elle peut être encore plus particulièrement d'au moins  $45m^2/g$ .

35 Ces supports peuvent aussi présenter des surfaces qui restent encore importantes même après calcination 6 heures à  $1000^{\circ}C$ . Ces surfaces peuvent être d'au moins  $14m^2/g$ , plus particulièrement d'au moins  $20m^2/g$  et encore plus particulièrement d'au moins  $30m^2/g$ .

Une autre caractéristique des supports de cette variante est leur capacité de stockage de l'oxygène. Cette capacité mesurée à 400°C est d'au moins 1,5ml d'O<sub>2</sub>/g. Elle peut être plus particulièrement d'au moins 1,8ml d'O<sub>2</sub>/g et encore plus particulièrement d'au moins 2ml d'O<sub>2</sub>/g. Dans les meilleurs cas, cette capacité peut être 5 d'au moins 2,5ml d'O<sub>2</sub>/g. Cette capacité est déterminée par un test qui évalue la capacité du support ou du produit à successivement oxyder des quantités injectées de monoxyde de carbone d'oxygène et à consommer des quantités injectées d'oxygène pour réoxyder le produit. La méthode employée est dite alternée.

Le gaz porteur est de l'hélium pur à un débit de 10l/h. Les injections se font par 10 l'intermédiaire de boucle contenant 16ml de gaz. Les quantités injectées de CO sont effectués en utilisant un mélange gazeux contenant 5% de CO dilué dans l'hélium tandis que les quantités injectées d'O<sub>2</sub> se font à partir d'un mélange gazeux contenant 2,5% d'O<sub>2</sub> dilué dans l'hélium. L'analyse des gaz est effectuée par chromatographie à l'aide d'un détecteur de conductivité thermique.

15 La quantité d'oxygène consommée permet de déterminer la capacité de stockage d'oxygène. La valeur caractéristique du pouvoir de stockage d'oxygène est exprimée en ml d'oxygène (dans les conditions normales de température et de pression) par gramme de produit introduit et elle est mesurée à 400°C. Les mesures de capacité de stockage d'oxygène données ici et dans le reste de la description sont faites sur des produits 20 prétraités à 900°C sous air pendant 6 heures dans un four à moufle.

Les supports de la composition de l'invention peuvent être préparés de manière connue. Ils peuvent ainsi être obtenus à partir d'une réaction solide/solide des oxydes ou de tout autre précurseur comme des carbonates. Ils peuvent être aussi préparés par voie humide, c'est à dire par précipitation avec une base des sels de cérium, de 25 zirconium et du ou des troisièmes éléments, puis calcination.

Dans le cas de la variante préférée décrite plus haut et mettant en oeuvre des supports définis par leurs surface spécifiques et leur capacité de stockage de l'oxygène, le support peut être obtenu par un procédé dans lequel on prépare un mélange en milieu liquide contenant un composé du cérium, un composé de scandium ou de terre 30 rare et une solution de zirconium qui est telle que la quantité de base nécessaire pour atteindre le point équivalent lors d'un dosage acide-base de cette solution vérifie la condition rapport molaire OH<sup>-</sup>/Zr ≤ 1,65; on chauffe ledit mélange; on récupère le précipité obtenu et on calcine ce précipité.

Ce procédé va maintenant être décrit plus précisément.

35 La première étape de ce procédé consiste à préparer un mélange en milieu liquide, généralement en phase aqueuse, contenant au moins un composé de cérium, au moins un composé de zirconium et un composé de scandium ou de terre rare. Ce mélange est préparé en utilisant une solution de zirconium.

Cette solution de zirconium peut provenir de l'attaque acide d'un réactif comprenant du zirconium. Comme réactif approprié, on peut citer le carbonate, l'hydroxyde ou l'oxyde de zirconium. L'attaque peut être faite avec un acide inorganique comme l'acide nitrique, l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique. L'acide nitrique est l'acide préféré, et on peut mentionner ainsi tout particulièrement l'utilisation d'un nitrate de zirconyle provenant de l'attaque nitrique d'un carbonate de zirconium. Ce peut être aussi un acide organique tel que l'acide acétique ou l'acide citrique.

Cette solution de zirconium doit présenter la caractéristique suivante. La quantité de base nécessaire pour atteindre le point équivalent lors d'un dosage acide-base de cette solution doit vérifier la condition rapport molaire  $\text{OH}^-/\text{Zr} \leq 1,65$ . Plus particulièrement, ce rapport peut être d'au plus 1,5 et encore plus particulièrement d'au plus 1,3. Généralement, la surface spécifique du produit obtenu a tendance à augmenter lorsque ce rapport décroît.

Le dosage acide-base se fait d'une manière connue. Pour l'effectuer dans des conditions optimales, on peut doser une solution qui a été amenée à une concentration d'environ  $3 \cdot 10^{-2}$  mole par litre exprimée en élément zirconium. On y ajoute sous agitation une solution de soude 1N. Dans ces conditions, la détermination du point équivalent (changement du pH de la solution) se fait d'une manière nette. On exprime ce point équivalent par le rapport molaire  $\text{OH}^-/\text{Zr}$ .

A titre de composés du cérium, on peut citer notamment les sels de cérium comme les sels de cérium IV tels que nitrates ou nitrates céri-ammoniacal par exemple, qui conviennent ici particulièrement bien. De préférence, on utilise du nitrate cérique. La solution de sels de cérium IV peut contenir du cérium à l'état céreux mais il est préférable qu'elle contienne au moins 85% de cérium IV. Une solution aqueuse de nitrate cérique peut par exemple être obtenue par réaction de l'acide nitrique sur un oxyde cérique hydraté préparé d'une manière classique par réaction d'une solution d'un sel céreux, par exemple le nitrate céreux, et d'une solution d'ammoniaque en présence d'eau oxygénée. On peut également utiliser une solution de nitrate cérique obtenue selon le procédé d'oxydation électrolytique d'une solution de nitrate céreux tel que décrit dans le document FR-A- 2 570 087, et qui peut constituer une matière première intéressante.

On notera ici que la solution aqueuse de sels de cérium IV peut présenter une certaine acidité libre initiale, par exemple une normalité variant entre 0,1 et 4 N. Selon la présente invention, il est autant possible de mettre en oeuvre une solution initiale de sels de cérium IV présentant effectivement une certaine acidité libre comme mentionné ci-dessus, qu'une solution qui aura été préalablement neutralisée de façon plus ou moins poussée par ajout d'une base, telle que par exemple une solution d'ammoniaque ou encore d'hydroxydes d'alcalins (sodium, potassium,...), mais de préférence une

solution d'ammoniaque, de manière à limiter cette acidité. On peut alors, dans ce dernier cas, définir de manière pratique un taux de neutralisation ( $r$ ) de la solution initiale de cérium par l'équation suivante :

$$r = \frac{n_3 - n_2}{n_1}$$

10 dans laquelle  $n_1$  représente le nombre total de moles de Ce IV présentes dans la solution après neutralisation;  $n_2$  représente le nombre de moles d'ions  $\text{OH}^-$  effectivement nécessaires pour neutraliser l'acidité libre initiale apportée par la solution aqueuse de sel de cérium IV; et  $n_3$  représente le nombre total de moles d'ions  $\text{OH}^-$  apportées par l'addition de la base. Lorsque la variante "neutralisation" est mise en oeuvre, on utilise dans tous les cas une quantité de base qui doit être impérativement inférieure à la quantité de base qui serait nécessaire pour obtenir la précipitation totale de l'espèce hydroxyde  $\text{Ce}(\text{OH})_4$  ( $r=4$ ). Dans la pratique, on se limite ainsi à des taux de neutralisation n'excédant pas 1, et de préférence encore n'excédant pas 0,5.

Les composés de scandium ou de terres rares sont de préférence des composés solubles dans l'eau notamment.

A titre de composés de scandium ou de terres rares utilisables dans le procédé étudié, on peut par exemple citer les sels d'acides inorganiques ou organiques, par exemple du type sulfate, nitrate, chlorure ou acétate. On notera que le nitrate convient particulièrement bien. Ces composés peuvent aussi être apportés sous forme de sols. Ces sols peuvent être obtenus par exemple par neutralisation par une base d'un sel de ces composés.

25 Les quantités de cérium, de zirconium et de terres rares ou de scandium présentes dans le mélange doivent correspondre aux proportions stoechiométriques requises pour l'obtention d'un support à la composition finale désirée.

Le mélange initial étant ainsi obtenu, on procède ensuite, conformément à la deuxième étape du procédé étudié, à son chauffage.

30 La température à laquelle est menée ce traitement thermique, aussi appelé thermohydrolyse, peut être comprise entre 80°C et la température critique du milieu réactionnel en particulier entre 80 et 350°C, de préférence entre 90 et 200°C.

Ce traitement peut être conduit, selon les conditions de températures retenues, soit sous pression normale atmosphérique, soit sous pression telle que par exemple la 35 pression de vapeur saturante correspondant à la température du traitement thermique. Lorsque la température de traitement est choisie supérieure à la température de reflux du mélange réactionnel (c'est à dire généralement supérieure à 100°C), par exemple choisie entre 150 et 350°C, on conduit alors l'opération en introduisant le mélange

aqueux contenant les espèces précitées dans une enceinte close (réacteur fermé plus couramment appelé autoclave), la pression nécessaire ne résultant alors que du seul chauffage du milieu réactionnel (pression autogène). Dans les conditions de températures données ci-dessus, et en milieux aqueux, on peut ainsi préciser, à titre 5 illustratif, que la pression dans le réacteur fermé varie entre une valeur supérieure à 1 Bar ( $10^5$  Pa) et 165 Bar ( $165 \cdot 10^5$  Pa), de préférence entre 5 Bar ( $5 \cdot 10^5$  Pa) et 165 Bar ( $165 \cdot 10^5$  Pa). Il est bien entendu également possible d'exercer une pression extérieure qui s'ajoute alors à celle consécutive au chauffage.

Le chauffage peut être conduit soit sous atmosphère d'air, soit sous atmosphère 10 de gaz inerte, de préférence l'azote.

La durée du traitement n'est pas critique, et peut ainsi varier dans de larges limites, par exemple entre 1 et 48 heures, de préférence entre 2 et 24 heures.

A l'issue de l'étape de chauffage, on récupère un précipité solide qui peut être 15 séparé de son milieu par toute technique classique de séparation solide-liquide telle que par exemple filtration, décantation, essorage ou centrifugation .

Il peut être avantageux d'introduire après l'étape de chauffage, une base telle que par exemple une solution d'ammoniaque, dans le milieu de précipitation. Ceci permet d'augmenter les rendements de récupération en l'espèce précipitée.

Il est aussi possible d'ajouter de la même façon, après l'étape de chauffage, de 20 l'eau oxygénée.

Le produit tel que récupéré peut ensuite être soumis à des lavages à l'eau et/ou à l'ammoniaque, à une température comprise entre la température ambiante et la température d'ébullition. Pour éliminer l'eau résiduelle, le produit lavé peut enfin, 25 éventuellement, être séché, par exemple à l'air, et ceci à une température qui peut varier entre 80 et 300°C, de préférence entre 100 et 150°C, le séchage étant poursuivi jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

On notera qu'il est bien entendu possible de répéter une ou plusieurs fois, à l'identique ou non, après récupération du produit et addition éventuelle de la base ou de l'eau oxygénée, une étape de chauffage telle que décrite ci-dessus, en remettant alors 30 le produit en milieu liquide, notamment dans l'eau, et en effectuant par exemple des cycles de traitements thermiques.

Dans une dernière étape du procédé, le précipité récupéré, après éventuellement lavage et/ou séchage, est ensuite calciné. Selon un mode de réalisation particulier, il est possible après le traitement de thermohydrolyse et éventuellement après remise du 35 produit en milieu liquide et un traitement supplémentaire de sécher directement le milieu réactionnel obtenu par atomisation.

La calcination est effectuée à une température comprise généralement entre 200 et 1200°C et de préférence entre 300 et 900°C. Cette température de calcination doit

être suffisante pour transformer les précurseurs en oxydes, et elle est aussi choisie en fonction de la température d'utilisation ultérieure du support et en tenant compte du fait que la surface spécifique du produit est d'autant plus faible que la température de calcination mise en oeuvre est plus élevée. La durée de la calcination peut quant à elle 5 varier dans de larges limites, par exemple entre 1 et 24 heures, de préférence entre 4 et 10 heures. La calcination est généralement opérée sous air, mais une calcination menée par exemple sous gaz inerte n'est bien évidemment pas exclue.

Le dépôt de la phase active sur le support se fait de manière connue. On peut procéder en utilisant une méthode par imprégnation. On forme ainsi tout d'abord une 10 solution ou une barbotine de sels ou de composés des éléments de la phase active.

A titre de sels, on peut choisir les sels d'acides inorganiques comme les nitrates, les sulfates ou les chlorures.

On peut aussi utiliser les sels d'acides organiques et notamment les sels d'acides carboxyliques aliphatiques saturés ou les sels d'acides hydroxycarboxyliques. A titre 15 d'exemples, on peut citer les formiates, acétates, propionates, oxalates ou les citrates.

On imprègne ensuite le support avec la solution ou la barbotine. Après imprégnation, le support est éventuellement séché puis il est calciné. Il est à noter qu'il est possible d'utiliser un support qui n'a pas encore été calciné préalablement à l'imprégnation.

20 Le dépôt de la phase active peut aussi se faire par atomisation d'une suspension à base de sels ou de composés des éléments de la phase active et du support.

Il peut être avantageux d'effectuer le dépôt des éléments de la phase active en deux étapes. Ainsi, dans le cas de phases actives à base de manganèse et de potassium et de manganèse et de praséodyme réciproquement, on peut 25 avantageusement déposer le manganèse puis le potassium dans le premier cas et le praséodyme puis le manganèse dans le deuxième cas.

Comme indiqué plus haut, pour le mode de réalisation particulier qui s'applique au cas où la phase active comprend du manganèse et du potassium, au moins un des éléments manganèse et potassium peut être apporté, au moins en partie, par le 30 permanganate de potassium.

Les teneurs en manganèse, alcalins, alcalino-terreux et terres rares peuvent varier dans de larges proportions. La proportion minimale est celle en deçà de laquelle on n'observe plus d'activité d'adsorption des NOx. Elles peuvent être comprises notamment entre 2 et 50%, plus particulièrement entre 5 et 30%, ces teneurs étant exprimée en % 35 atomique par rapport à la somme des éléments du support et des éléments concernés de la phase active.

Les compositions de l'invention telles que décrites plus haut se présentent sous forme de poudres mais elles peuvent éventuellement être mises en forme pour se

présenter sous forme de granulés, billes, cylindres ou nids d'abeille de dimensions variables. Les compositions peuvent aussi être utilisées dans des systèmes catalytiques comprenant un revêtement (wash coat) à propriétés catalytiques et à base de ces compositions, sur un substrat du type par exemple monolithe métallique ou en céramique.

5 L'invention concerne aussi un procédé de traitement de gaz en vue de la réduction des émissions des oxydes d'azote mettant en oeuvre les compositions de l'invention.

10 Les gaz susceptibles d'être traités par la présente invention sont, par exemple, ceux issus de turbines à gaz, de chaudières de centrales thermiques ou encore de moteurs à combustion interne. Dans ce dernier cas, il peut s'agir notamment de moteurs diesel ou de moteurs fonctionnant en mélange pauvre.

15 Les compositions de l'invention fonctionnent comme piéges à NOx lorsqu'elles sont mises en contact avec des gaz qui présentent une teneur élevée en oxygène. Par gaz présentant une teneur élevée en oxygène, on entend des gaz présentant un excès d'oxygène par rapport à la quantité nécessaire pour la combustion stoechiométrique des carburants et, plus précisément, des gaz présentant un excès d'oxygène par rapport à la valeur stoechiométrique  $\lambda = 1$ . La valeur  $\lambda$  est corrélée au rapport air/carburant d'une manière connue en soi notamment dans le domaine des moteurs à combustion interne. De tels gaz sont ceux de moteur fonctionnant en mélange pauvre (lean burn) et qui 20 présentent une teneur en oxygène (exprimée en volume) d'au moins 2% ainsi que ceux qui présentent une teneur en oxygène encore plus élevée, par exemple des gaz de moteurs du type diesel, c'est à dire d'au moins 5% ou de plus de 5%, plus particulièrement d'au moins 10%, cette teneur pouvant par exemple se situer entre 5 et 20%.

25 Les compositions de l'invention peuvent être associées à des systèmes complémentaires de dépollution, comme des catalyseurs trois voies, qui sont efficaces lorsque la valeur de  $\lambda$  est inférieure ou égale à 1 dans les gaz, ou encore à des systèmes à injection d'hydrocarbures ou à recyclage des gaz d'échappement (système EGR) pour les diesels. Elles peuvent être aussi associées à des catalyseurs de NOx 30 pour les diesels.

35 L'invention concerne aussi un système catalytique pour le traitement de gaz en vue de la réduction des émissions des oxydes d'azote, gaz qui peuvent être du type de ceux mentionnés précédemment et tout particulièrement ceux présentant un excès d'oxygène par rapport à la valeur stoechiométrique. Ce système est caractérisé en ce qu'il comprend une composition telle que décrite plus haut.

Des exemples vont maintenant être donnés.

## EXEMPLES

## - Préparation du support

On utilise un support à base d'oxyde de cérium, d'oxyde de zirconium et d'oxyde de lanthane dans les proportions respectives en poids par rapport aux oxydes de 5 72/24/4. Cet oxyde est préparé de la manière suivante :

Dans les proportions stoechiométriques requises pour l'obtention de la composition ci-dessus, on mélange une solution de nitrate cérique préneutralisée par ajout de  $\text{NH}_4\text{OH}$  tel que  $r = 0,22$  ( $r$  étant tel que défini précédemment), une solution de nitrate de lanthane et une solution de nitrate de zirconyle qui répond, au sens défini plus 10 haut, à la condition rapport molaire  $\text{OH}^-/\text{Zr} = 1,17$ .

La concentration de ce mélange (exprimée en oxyde des différents éléments) est ajustée à 80 g/l. Ce mélange est ensuite porté à 150°C pendant 4 heures.

Une solution d'ammoniaque est ensuite ajoutée au milieu réactionnel de telle sorte que le pH soit supérieur à 8,5. Le milieu réactionnel ainsi obtenu est porté à ébullition 15 pendant 2 heures. Après décantation puis soutirage, on remet en suspension le produit solide et le milieu ainsi obtenu est traité pendant 1 heure à 100°C. Le produit est ensuite filtré. Le produit destiné à l'utilisation comme support pour la suite des exemples est calciné à la température de 550°C pendant 2 heures.

Il est à noter que le produit calciné à 900°C, 6 heures présente une surface 20 spécifique de  $51\text{m}^2/\text{g}$ . Sa capacité de stockage de l'oxygène mesurée dans les conditions données plus haut est de 2,8ml d' $\text{O}_2/\text{g}$ .

## - Préparation du catalyseur

25 Matières premières:

On utilise du nitrate de manganèse  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ , du nitrate de praséodyme  $\text{Pr}(\text{NO}_3)_3$ , du nitrate de potassium  $\text{KNO}_3$ , du permanganate de potassium  $\text{KMnO}_4$  et de l'acétate de baryum  $\text{Ba}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ .

30

Eléments de la phase active, teneur et dépôt:

On procède en deux étapes pour le dépôt.

35 1<sup>ère</sup> étape : Dépôt du premier élément actif

Cette étape consiste à déposer l'élément actif dans une quantité variant entre 5 et 10% atomique dans le cas de Mn et de 15% atomique dans le cas de Ba et Pr et calculée de la manière suivante :

5

$$[X]/([X] + [\text{CeO}_2] + [\text{ZrO}_2] + [\text{La}_2\text{O}_3]) = 0,05 \text{ ou } 0,1$$

avec X = Mn

$$[X]/([X] + [\text{CeO}_2] + [\text{ZrO}_2] + [\text{La}_2\text{O}_3]) = 0,15$$

avec X = Pr, Ba

10

2<sup>ème</sup> étape : Dépôt du second élément actif:

15

Cette étape consiste à déposer le deuxième élément actif dans une quantité variant entre 15 et 20% atomique dans le cas de K et 5% atomique dans le cas de Mn et calculée de la manière suivante :

20

$$[Y]/([X] + [Y] + [\text{CeO}_2] + [\text{ZrO}_2] + [\text{La}_2\text{O}_3]) = 0,15 \text{ ou } 0,2$$

avec Y = K

$$[Y]/([X] + [Y] + [\text{CeO}_2] + [\text{ZrO}_2] + [\text{La}_2\text{O}_3]) = 0,05$$

avec Y = Mn

25

Dans le cas où on utilise comme précurseur le permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>) le dépôt est effectué en une seule fois. Le nombre de moles déposé est égal à 13,6% calculé de la manière suivante :

30

$$[X]/([X] + [\text{CeO}_2] + [\text{ZrO}_2] + [\text{La}_2\text{O}_3]) = 0,136$$

avec X = KMnO<sub>4</sub>

Deux méthodes de dépôt sont utilisées : l'imprégnation à sec pour l'exemple 1 et dans les autres cas l'atomisation au Buchi®.

35

Imprégnation à sec:

Elle consiste à imprégner le support considéré avec l'élément de la phase active dissout dans une solution de volume égal au volume poreux du support (déterminé à

l'eau : 0.5 cm<sup>3</sup>/g) et de concentration permettant d'atteindre la concentration recherchée.

Dans le cas présent les éléments sont imprégnés sur le support l'un à la suite de l'autre.

5        Le protocole opératoire est le suivant :

- Imprégnation à sec du premier élément
- Séchage à l'étuve (110°C, 2H)
- Calcination 2h 600°C (5°C/min)
- Imprégnation à sec du deuxième élément
- Séchage à l'étuve (110°C, 2H)
- Calcination 2h 600°C (5°C/min)

10

#### Atomisation au Buchi® :

15        On prépare une suspension contenant l'élément à déposer et le support (C=150 g/l). La suspension est ensuite atomisée au Buchi®. Le solide séché est calciné 2 heures à 600°C (vitesse de montée 5°C/min).

On réitère l'opération avec le deuxième élément à déposer.

Les températures d'entrée et de sortie du Buchi® sont respectivement égales à 210°C et 120°C .

20

- Test catalytique

Le test catalytique est réalisé de la manière suivante :

On charge 0,15 g du piège à NOx en poudre dans un réacteur en quartz. La poudre utilisée a préalablement été compactée puis broyée et tamisée de manière à isoler la tranche granulométrique comprise entre 0,125 et 0,250 mm.

25        Le mélange réactionnel à l'entrée du réacteur a la composition suivante (en volume):

- NO : 300 vpm
- O<sub>2</sub> : 10 %
- CO<sub>2</sub> : 10 %
- H<sub>2</sub>O : 10 %
- N<sub>2</sub> : qsp 100 %

30        Le débit global est de 30 Nl/h.

La VVH est de l'ordre de 150.000 h<sup>-1</sup>.

35        Les signaux de NO et NOx (NOx = NO + NO<sub>2</sub>) sont enregistrés en permanence, ainsi que la température dans le réacteur.

Les signaux de NO et NOx sont donnés par un analyseur de NOx ECOPHYSICS, basé sur le principe de la chimiluminescence.

L'évaluation des pièges à NOx comporte deux parties:

- tout d'abord, on détermine la température d'adsorption maximale Tmax, en adsorbant les NOx à 125 °C pendant 15 minutes, et en chauffant ensuite sous le même mélange à 600 °C. Le profil des NOx montre un maximum d'adsorption à une 5 certaine température appelée Tmax.
- dans un deuxième temps, on détermine la quantité adsorbée (en nombre de moles de NO) en isotherme à la température d'adsorption maximale.

La quantité est calculée par intégration.

#### 10 - Résultats

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Exemple	Composition de la phase active (% atomique)	Surface BET m <sup>2</sup> /g	Quantité adsorbée (10 <sup>-4</sup> mol NO)	Tmax °C
1	Mn 5%, K 15%	47	7,7	305
2	Ba 15%, Mn 5%	67	6,2	275
3	Mn 5%, K 20%	33	10	325
4	Mn 10%, K 15%	49	10,3	295
5	Mn 13,6%, K 13,6%	49	12,1	300
6	Pr 15%, Mn 5%	77	5,2	270

15 On peut remarquer que la Tmax peut être égale ou supérieure à 300°C pour certaines compositions.

## REVENDICATIONS

1- Composition caractérisée en ce qu'elle comprend un support à base d'un oxyde de cérium, d'un oxyde de zirconium et d'un oxyde de scandium ou de terre rare autre que le cérium et une phase active à base de manganèse et d'au moins un autre élément choisi parmi les alcalins, les alcalino-terreux et les terres rares.

5

2- Composition selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'autre élément précité est choisi parmi les alcalins et les alcalino-terreux, l'alcalin pouvant être plus 10 particulièrement le potassium, l'alcalino-terreux pouvant être plus particulièrement le baryum.

15

3- Composition selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'autre élément précité est choisi parmi les terres rares.

4- Composition selon la revendication 1 ou 3, caractérisée en ce que la phase active est à base de manganèse et de praséodyme.

20

5- Composition selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la proportion atomique cérium/zirconium dans le support est d'au moins 1.

25

6- Composition selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le support présente une surface spécifique après calcination 6 heures à 900°C d'au moins 35m<sup>2</sup>/g, plus particulièrement d'au moins 40m<sup>2</sup>/g.

7- Composition selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le support présente une capacité de stockage de l'oxygène à 400°C d'au moins 1,5ml d'O<sub>2</sub>/g, plus particulièrement d'au moins 2ml d'O<sub>2</sub>/g.

30

8- Composition selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le support répond à la formule Ce<sub>x</sub>Zr<sub>y</sub>M<sub>z</sub>O<sub>2</sub> où M représente au moins un élément choisi dans le groupe comprenant le scandium et les terres rares autres que le cérium et où 0< z ≤ 0,3 et plus particulièrement 0,02 ≤ z ≤ 0,2, et 1 ≤ x/y ≤ 19 et plus particulièrement 1 ≤ x/y ≤ 9, et x, y et z étant liés par la relation x+y+z=1.

35

9- Composition selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le support se présente sous forme d'une solution solide.

10- Composition selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la terre rare entrant dans la composition du support est le lanthane, le néodyme ou le praséodyme.

5 11- Composition selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le support est obtenu par un procédé dans lequel on prépare un mélange en milieu liquide contenant un composé du cérium, un composé de scandium ou de terre rare et une solution de zirconium qui est telle que la quantité de base nécessaire pour atteindre le point équivalent lors d'un dosage acide-base de cette solution vérifie la condition rapport 10 molaire  $\text{OH}^-/\text{Zr} \leq 1,65$ ; on chauffe ledit mélange; on récupère le précipité obtenu et on calcine ce précipité.

12- Composition selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la phase catalytique comprend du manganèse et du potassium et en ce qu'elle est 15 susceptible d'être obtenue par un procédé dans lequel au moins un des deux éléments manganèse et potassium est apporté au moins en partie par le permanganate de potassium.

13- Procédé de traitement de gaz en vue de la réduction des émissions des oxydes 20 d'azote, caractérisé en ce qu'on utilise une composition selon l'une des revendications précédentes.

14- Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'on traite un gaz d'échappement de moteurs à combustion interne.

25 15- Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'on traite un gaz présentant un excès d'oxygène par rapport à la valeur stoechiométrique.

16- Procédé selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que la teneur en 30 oxygène des gaz est d'au moins 5% en volume.

17- Système catalytique pour le traitement d'un gaz d'échappement de moteurs à combustion interne, caractérisé en ce qu'il comprend une composition selon l'une des revendications 1 à 12.

35 18- Système catalytique selon la revendication 17, pour le traitement d'un gaz présentant un excès d'oxygène par rapport à la valeur stoechiométrique.

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2770790

N° d'enregistrement  
nationalFA 551520  
FR 9714083

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP 0 764 460 A (FORD MOTOR CO ;FORD WERKE AG (DE); FORD FRANCE (FR)) 26 mars 1997 * colonne 1, ligne 41 - colonne 2, ligne 9 * * colonne 2, ligne 34 - ligne 58 * ---	1,2, 13-18
A	US 5 673 545 A (FRIESEN HENRY) 7 octobre 1997 * colonne 1, ligne 66 - colonne 2, ligne 18 * * colonne 4, ligne 34 - ligne 35 * ---	1,12
A	US 4 927 799 A (MATSUMOTO SHINICHI ET AL) 22 mai 1990 * colonne 3, ligne 14 - ligne 56 * ---	1-18
À	FR 2 738 756 A (RHONE POULENC CHIMIE) 21 mars 1997 * abrégé * -----	1-18
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B01D B01J
1	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
	5 août 1998	Borello, E
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant

